

Ville Kankkunen

Tarkastuslista: Lämmityksen mittaus- ja säätö-työt

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK) -tutkinto

Rakennusalan työnjohto, LVI

Opinnäytetyö

9.3.2013

Tekijä Otsikko	Ville Kankkunen Tarkastuslista: Lämmityksen mittaus- ja säätötyöt
Sivumäärä Aika	22 sivua + 2 liitettä 9.3.2013
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko talotekniikkayksikön johtaja Tapani Nousiainen
<p>Opinnäytetyön aiheena on lämmityksen mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista. Sain toimeksiannon työlle SRV Rakennus Oy:n talotekniikkayksikön johtajalta Tapani Nousiaiselta.</p> <p>Opinnäytetyössä kerron, mitkä asiat vaikuttavat mittaus- ja säätöihin ja mitä asioita pitää ottaa huomioon suunnittelun, asentamisen ja itse mittaus- ja säätötöiden aikana. Esittelen erilaisia säätötapoja sekä mittausmenetelmiä lähinnä kaukolämpöön kytketyn rakennuksen näkökulmasta. Käytin lähdeaineistoina aiheeseen liittyviä LVI-ohjekortteja sekä haastattelin työmailla säätöitä tehneitä henkilöitä.</p> <p>Työni tuloksena syntynyt tarkastuslistaa käyttämällä varmistetaan mittaus- ja säätötöiden sujuvuus ja ennaltaehkäistään yleensä vasta rakennuksen käyttöönoton jälkeen ilmeneviä ikäviä lämmitys- ja lämpötilaongelmia. Tarkastuslistaa voi käyttää myös rakennuksen yksittäisen osan tai järjestelmän valvonnassa. Tarkastuslista on tarkoitettu liittää osaksi SRV:n laatuja järjestelmää ja otetaan käyttöön tulevilla työmailla.</p>	
Avainsanat	talotekniikka, tarkastuslista, lämmitys, mittaus, säätö

Author(s) Title Number of Pages Date	<p>Ville Kankkunen</p> <p>Checklist: Measuring and Adjustment Tasks of a Heating System</p> <p>22 pages + 2 appendices</p> <p>9 March 2013</p>
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC –Site Management
Instructor(s)	<p>Jyrki Viranko, Principal Lecturer</p> <p>Tapani Nousiainen, Head of Building Services Department</p>
<p>The aim of the Bachelor's thesis was to make a checklist of measurement and adjustment tasks of a heating system. The checklist was made taking the different adjustment methods and factors with an influence on the tasks into account.</p> <p>The information for the thesis was gathered mostly from Finnish standards, regulations and guides on heating systems. Moreover, some professionals in the field of adjusting and measuring different heating systems were interviewed.</p> <p>This checklist was created to improve heating system measurement and to prevent common mistakes when adjusting room temperatures in particular. It is also meant to be used when supervising installations in the process of construction. The checklist is intended to be made part of a company's quality system.</p>	
Keywords	Building services, heating, measurement, adjustment

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yritysesittely	2
3	Suunnittelu	2
3.1	Venttiilien valinta suunnittelussa	4
3.2	Vyöhykekohtaisuus	4
3.3	Painehäviöt	4
4	Asentaminen	5
4.1	Lämmitysjärjestelmän osat	5
4.1.1	Lämmönvaihdin	5
4.1.2	Lämpöjohtopumppu	5
4.1.3	Lämpöjohtoverkosto	6
4.1.4	Linjasäätöventtiilit	6
4.1.5	Patteriventtiili	8
4.1.6	Lämmityspatteri	9
5	Lämpötilojen mittaus	9
5.1	Olosuhteet mittauksen onnistumiseksi	10
5.2	Mittausten kattavuus	10
5.3	Mittalaitteet	12
6	Lämmitysjärjestelmän säätö	12
6.1	Säätöjärjestelmät	13
6.1.1	Ukolämpötilan mukainen menoveden lämpötilan säätö	13
6.1.2	Ulko- ja huonelämpötilan mukainen menoveden lämpötilan säätö	14
6.2	Vesivirran ja paineen säätö	15
6.2.1	Vyöhykekohtainen painesäätö	15
6.2.2	Keskitetty painesäätö	15
6.2.3	Linjakohtainen painesäätö	16
6.3	Lämmitysverkoston perussäätö	17
6.3.1	Uudisrakennuksen perussäätö	17
6.3.2	Käytössä olevan kohteen perussäätö	18
7	Yleisimmät ongelmat mittaus- ja säätötöissä	18
8	Mittausten dokumentointi	19

9	Urakoitsijan toimenpiteet säätö- ja mittaustöissä	20
10	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

Liitteet

Liite 1. Lämmityksen mittaus- ja säätötöiden tarkistuslista, uusi järjestelmä

Liite 2. Lämmityksen mittaus- ja säätötöiden tarkistuslista, käytössä oleva järjestelmä

1 Johdanto

Lämmitysjärjestelmän mittauksien ja säätöjen tarkoituksena on saavuttaa tarvittavat virtaamat putkistoihin sekä lämmönluovuttimiin mahdollisimman energiataloudellisesti ottaen huomioon haluttu lämpötila ja tilan käyttö. Lämmityksellä ja muilla järjestelmillä luodaan ihmiselle terveellinen ja mukava sisäilmasto.

Lämmityksen mittaus- ja säätötoilla on merkittävä rooli rakennuksen energiatehokkuudessa. Jo yhden asteen sisälämpötilan lasku voi tuoda 5 %:n säästön lämmityskuluissa. Oikein säädetty järjestelmä voi parhaimmillaan säästää 10–15 % koko rakennuksen käyttämästä lämmitysenergiasta. [10, s. 4.]

Opinnäytetyössäni kerron, mitä asioita tulisi ottaa huomioon suunnittelun, asentamisen sekä mittaus- ja säätötoiden aikana. Opinnäytetyöni tuotosta eli mittaus- ja säätötoiden tarkastuslistaa noudattamalla mittaus- ja säätötyöt sujuvat helposti ja nopeasti. Lopputuloksena on oikein säädetty sekä toimiva lämmitysjärjestelmä. Tarkastuslista liitetään osaksi SRV:n laatujärjestelmää ja se otetaan käyttöön talotekniikkatoiden valvonnassa.

2 Yritysesittely

Sain toimeksiannon opinnäytetyöhöni SRV Rakennus Oy:n talotekniikkaosaston johtajalta, Tapani Nousiaiselta. SRV on rakennushankkeiden kokonaistoteuttaja, joka vastaa hankkeiden kehittämisestä, kaupallistamisesta ja rakentamisesta. SRV on johtava projektinjohtourakoitsija ja kiinteistöhankkeiden kehittäjä Suomessa. Yhtiö kehittää ja rakentaa liike- ja toimitiloja, asuntoja, teollisuus-, logistiikka- ja kalliorakennuskohteita sekä yritys- ja asuinalueita Suomessa. Venäjällä toiminta painottuu kauppakeskusten, toimistojen, hotellien sekä erilaisten tuotanto- ja logistiikkatilojen kehittämiseen ja rakentamiseen. Baltiassa SRV toimii lisäksi asuntomarkkinoilla. Vuonna 2011 SRV:n liikevaihto oli 672,2 miljoonaa euroa. Konsernin palveluksessa on noin 933 henkeä.

SRV:n konsernin emoyhtiö on SRV Yhtiöt Oyj. Kotimaan toiminnasta vastaa SRV Rakennus ja sen alueyksiköt SRV Pirkanmaa, SRV Keski-Suomi, SRV Pohjois-Suomi, SRV Kaakkois-Suomi, SRV Lounais-Suomi ja Rakennusliike Purmonen. Kotimaan liiketoiminta koostuu asunto-, toimitila- ja infrarakentamisesta. Ulkomaan toiminnasta vastaavat SRV Russia ja SRV Baltia. Lisäksi SRV-konserniin kuuluvat SRV Kalusto ja Maanrakennus Oy Laatutyö. Oma yksikköni on SRV Rakennus Oy:n talotekniikkayksikkö. [SRV]

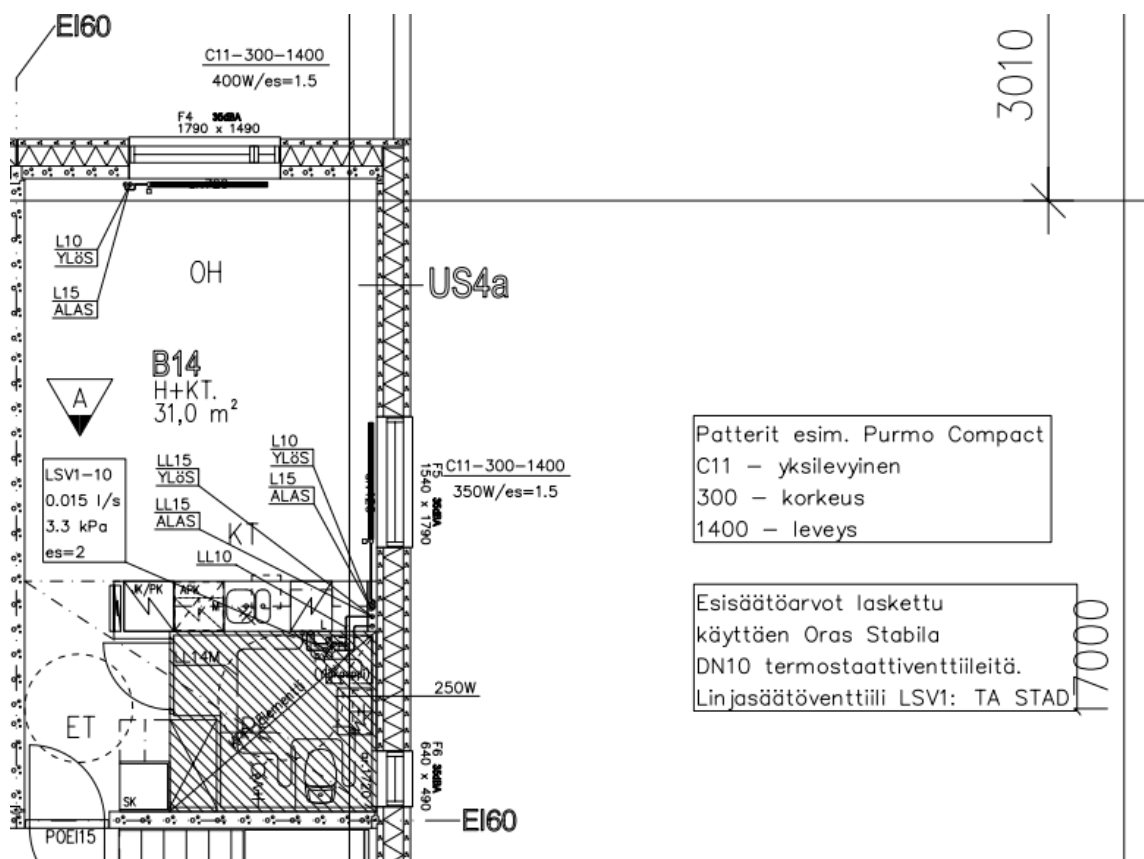
3 Suunnittelu

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän suunnitteluvaiheessa pystytään vaikuttamaan merkittävästi lopputulokseen. Suunnittelussa selvitetään tilojen käyttötarkoitus, käyttäjien määrä, lämmityksen tehontarve ja haluttu sisälämpötila kussakin tilassa. Näillä määreillä päätetään valittavissa olevat lämmitystavat, jonka jälkeen materiaaivalinnoilla on tärkeä rooli lopputuloksessa. Oikein suunniteltu järjestelmä on helposti säädettävissä. [1. s. 1.] Esimerkiksi yli- tai alimitoitetuilla laitteilla ja osilla saadaan aikaiseksi turhan energiankulutuksen lisäksi tuleville käyttäjille epämukava sisäilmasto ja mahdollisia ääniongelmia putkistoihin. Lämmitystavan valinta vaikuttaa mittaus- ja säätötoihin, mutta eri lämmönjako- ja putkitustapojen säätö on kuitenkin kaikilla lähes samanlainen. [13]

Käytössä olevien rakennusten mittaus- ja säätötoissakin on hyvä käyttää pätevää suunnittelijaa. Suunnittelijalle tulee antaa käyttöön ajan tasalla olevat lämpöjohtosuun-

nitelmat. Talotekniikan loppukuvissa on valitettavan usein vajavaisuuksia tai ne jopa puuttuvat kiinteistön arkistoista. Kannattaa tarkastaa paikan päällä, että kyseessä olevat suunnitelmat vastaavat toteutettuja asennuksia ennen päätöksen tekemistä niiden perusteella. Paras lopputulos saavutetaan, jos suunnittelija ja kiinteistön huolto tarkistavat yhdessä lämpösuunnitelmat varsinkin vanhemmissa kiinteistöissä. [13]

Mallintamisen jälkeen laskentaohjelmaan (esim. MagiCad) syötetään tarvittavat putkisto- ja patteritiedot ja laskennan alkuarvot, joiden mukaan ohjelma tasapainottaa verkoston asetettujen reunaehtojen mukaisesti. Reunaehtoja ovat esimerkiksi venttiileiden äänet ja säätöalueet, pumpun painetaso ja säätökeskukselle asetettava säätökäyrä.



Kuva 1. Suunnitelmiin merkittynä ohje- ja isisäätöarvot sekä patteri- ja venttiilityypit. SRV.

Piirustuksista täytyisi löytyä jokaisen patterin ja linjasäätöventtiilin isisäätöarvot sekä tunnuksiset (Kuva 1). Isisäätöarvojen avulla lämpölinjat ja -patterit on helppo isisäätää.

3.1 Venttiilien valinta suunnittelussa

Verkoston tasapainotuksen jälkeen tiedetään putkistoissa tarvittavat virtaamat vaaditun lämmitystehon saavuttamiseksi. Vesivirtojen suuruuden ja putkikokojen perusteella voidaan valita virtaukselle sopivat venttiilit. Joskus venttiilin koko voi olla putkikokoa pienempi esimerkiksi sopivan säätöalueen vuoksi. Suunnittelijoille on tarjolla monen eri valmistajan tekemiä venttiilin valinta ja mitoitus ohjelmia. Esimerkiksi TA Hydronicsin mitoitusohjelman TA Pocket 1.1 ominaisuuksia ovat

- Linjasäätöventtiilien mitoitus ja valinta.
- Virtaaman, kv-arvon ja painehäviön laskeminen.
- Tehon, virtaaman ja lämpötilaeron laskeminen.
- Putkien ja putkikokojen valinta.
- Linjasäätöventtiilien, päätelaiteventtiilien, paine-erosäätimien valitseminen.
- Nesteen ominaistiedot.
- Yksikkömuunnin. [14]

3.2 Vyöhykekohtaisuus

Mikäli rakennus on jaettu eri käyttötarkoituksiin tai rakennuksen eri osissa on erilaiset vaatimukset lämpötiloille, on rakennus suunniteltava eri vyöhykkeisiin lämmitysjärjestelmän osalta. Tällöin vyöhykkeet ovat säädettävissä omina verkostoina omilla säätöjärjestelmillä.

3.3 Painehäviöt

Erilaiset virtausvastukset vähentävät painetta. Pumpun aiheuttama paine häviää lämmitysverkostossa vesivirran etenemissuunnassa. Putkien aiheuttama painehäviö voidaan laskea taulukkoja apuna käyttäen. Putkenosien ja varusteiden aiheuttama painehäviö voidaan määrittää myös erillisten taulukoiden avulla [15, s. 40, 41]. Painehäviöt suurenevat pitkissä ja kapeissa putkistoissa. Suunnittelussa painehäviöiden huomiointi on erittäin tärkeää toimivan lämmitysjärjestelmän aikaansaamiseksi. Nykyään erilaiset laskentaohjelmat tosin laskevat automaattisesti putkiston painehäviöt ja muuttavat putkikokoja sen mukaan. Myös pumpun valinta tapahtuu painehäviölaskelmien avulla.

4 Asentaminen

Asentamisen aikana on tärkeää valvoa, että asennetut osat ja laitteet ovat suunnitelmiin mukaiset ja asennuksen laatu on hyvän rakennustavan mukaista. Käytettäessä putkileikkureita tai putkikatkaisimia lämmitysputken katkaisukohtaan jää pieni sisennys – purse, putken sisään. Tämä aiheuttaa veden virtaukseen häiriöitä sekä putkikorroosiota heikentäen putkien käyttöikää. Putkien katkaisun jälkeen tulisi putkien päätyjen sisäpuoli työstää purseenjyrsimillä tai muulla vastaavalla tavalla tasaiseksi. Myös hitsauksen laadun tarkkailu on tärkeää, jotta putken sisäpuolelle ei jää hitsattaessa tukoksia.

Mikäli venttiilit tai säätölaitteet on suunniteltu jäämään esimerkiksi kuilun seinän tai alakaton taakse piiloon, on huolehdittava huoltoluukkujen oikeasta sijoittelusta sekä koosta. Myös muiden järjestelmien (esim. ilmanvaihto, sprinkler, sähkö) risteilyt lämmitysjärjestelmään nähden on otettava huomioon, ettei huoltoluukku avatessa huomaa pääsyn säätölaitteille ja tarkastettaville osille olevan mahdotonta, vaikka luukku onkin oikeassa paikassa. Järjestelmien risteilyihin on hyvä kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa, mutta usein suunnitelmat muuttuvat ja joskus taas asennetaan eri reittiä kuin suunnitelmissa, joten säätölaitteille pääsy voi muuttua hankalaksi asennusvaiheessa.

4.1 Lämmitysjärjestelmän osat

4.1.1 Lämmönvaihdin

Kaukolämpöä käyttävässä järjestelmässä kiinteistöissä on niin sanottuja lämmönvaihtimia, jotka jakavat ja säätävät kiinteistökohtaista lämpöä. Lämmönvaihtimessa kiertää kuuma kaukolämpövesi omassa piirissään (ensiöpuoli) ja kiinteistön lämpöjohtoverkoston vesi omassa piirissään (toisiopuoli). Vedet eivät sekoitu keskenään, vaan ainoastaan lämpö siirtyy kaukolämpövedestä rakennuksen lämpöjohtoveteen. Pattereihin menevän veden lämpötilaa säädetään kaukolämmön veden virtausta muuttamalla.

4.1.2 Lämpöjohtopumppu

Lämpöjohtoverkoston vettä kierrätetään lämmönvaihtimesta verkostoa pitkin lämpöpattereille ja takaisin pumpun avulla. Pumpun kierrättämän vesimäärän suuruus riippuu kiinteistön lämmöntarpeen suuruudesta ja veden jäähtymisen määrästä pattereissa.

Pumpun kehittämä paine eli nostokorkeus muodostuu kiertopiirin painehäviöstä. Painehäviön suuruuteen vaikuttaa kiertopiirissä olevat veden kiertoa vastustavat erilaiset laitteet ja varusteet kuten linjasäätöventtiilit, patteriventtiilit, putkikäyrät, T-haarat ja putkien aiheuttama kitkavastus.

Pumput ovat yleensä rakenteeltaan ns. keskipakoispumppuja. Pumppu koostuu kolmesta pääkomponentista: moottorista, pesästä ja juoksupyörästä. Pumppujen tuottamaa vesimäärää voidaan säätää mekaanisella ohitussäädöllä tai sähköisesti pumpun kierroslukua muuttamalla.

4.1.3 Lämpöjohtoverkosto

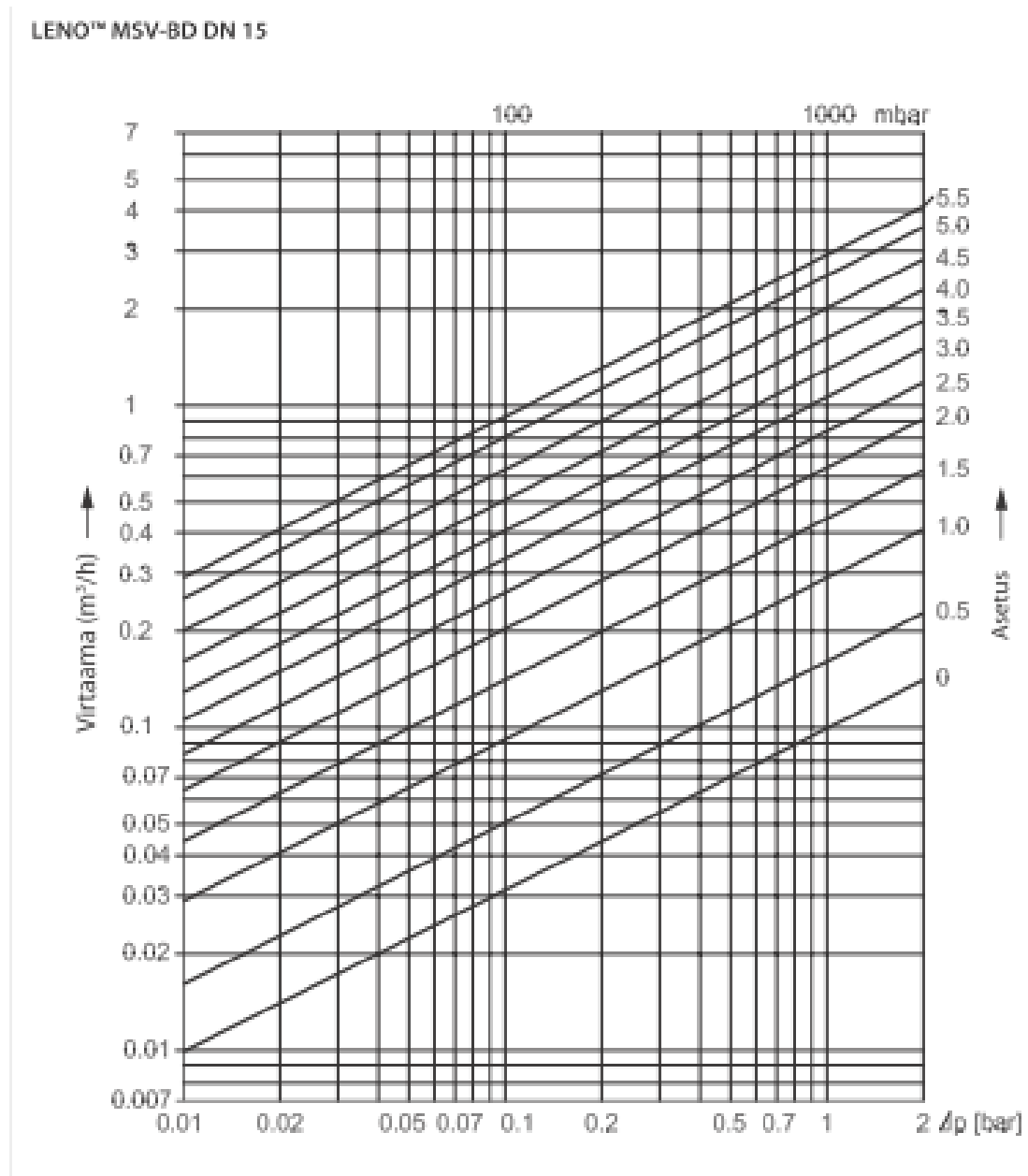
Lämpöjohtoverkosto muodostaa suljetun putkiverkoston lämpöjohtovedelle, joka kuljettaa lämmönvaihtimesta lämpöveden lämpöpattereihin. Suurten rakennusten verkosto on monihaarainen ja sen vesivirtoihin vaikuttavat mm. putken suuruus, putken kitkavastus, erilaisten putkenosien aiheuttamat niin sanotut kertavastukset sekä putkiliihtosten hitsauksen laatu. Nämä rakenteelliset tekijät määräävät sen, miten vesivirta jakautuu verkoston eri osiin.

Lämpöjohtoverkosto rakennetaan joko keskiraskaasta mustasta kierteitetävästä teräsputkesta, hitsattavasta teräsputkesta, sinkitystä Mannesman-teräsputkesta, muoviputkesta tai kupariputkesta.

4.1.4 Linjasäätöventtiilit

Linjasäätöventtiilillä säädetään yhdessä linjassa kulkevan vesivirran määrää. Suurissa lämpöjohtoverkoissa päälinjasta haarautuu eripituisia erillisiä patterilinoja, joissa kulkevat vesimäärät säädetään vastaamaan linjassa olevien pattereiden lämpötehoa. Mikäli vesimääriä ei säädetä oikein, vesi jäähtyy eri linjoissa eri tavoin. Joissakin linjoissa saattaa olla vettä lämmöntarpeeseen nähden liian vähän, jolloin vesi jäähtyy liikaa. Tällöin paluuv veden lämpötila laskee, ja myös pattereiden keskilämpötila ja teho laskevat. Silloin patterit eivät pidä huoneita riittävän lämpiminä. Toisessa linjassa voi samanaikaisesti olla liikaa vettä, jolloin vesi pysyy liian kuumana, paluulämpötila on korkea ja pattereiden keskilämpötila ja teho ovat suuria. Tällöin patterit lämmittävät huo-

neita liikaa. Vesimäärät eivät automaattisesti jakaudu oikein eri patterilinjoiille. Linjojen väärin mitoitettut vesivirrat vaikeuttavat myös muiden säätölaitteiden toimintaa.



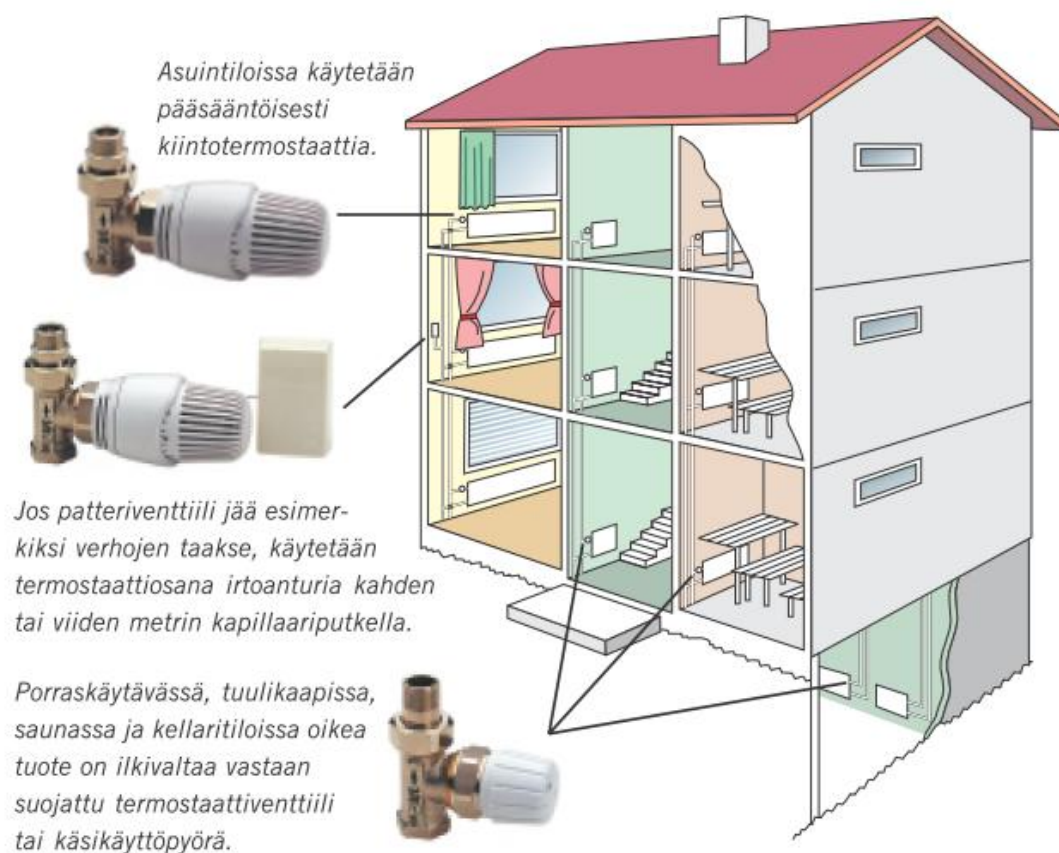
Kuva 2. Leno MSV-BD DN15 kertosäätöventtiilin mitoituskäyrästä [12, s. 9.].

Linjasäätöventtiilistä voidaan lisäksi mitata vesivirta, sulkea linja huollon ajaksi ja tyhjentää linja. Suunnittelijat määräävät vaadittavat vesivirrat lämpötehojen ja käytetyn lämpötilaeron perusteella. Linjasäätöventtiileistä vesivirtaa mitatessa mitataan paine-eroa. Paine-eron ja venttiilin säätöasennon perusteella määritetään käyrästä vesivirran suuruus (kuva 2). Vesivirran suuruus voidaan lukea myös vesivirtamittarilla, mikäli

siihen syötetään venttiilin asento tai venttiilin kv-arvo. SRV:n talotekniikkayksiköllä on käytössään TA Hydronicsin valmistama TA CBI2 -vesivirtamittari, jolla pystytään mittaamaan myös monien muiden valmistajien linjasäätöventtiilien paine-eroja ja vesivirtoja. Venttiilin säätöasentoa ja kv-arvoa muuttamalla voidaan muuttaa venttiilin läpi kulkevaa vesivirtaa. Kv-arvolla tarkoitetaan sitä vesimäärää m^3/h , joka virtaa venttiilin läpi 100 kPa:n paineella.

4.1.5 Patteriventtiili

Patteriventtiilit ovat termostaattisia säätölaitteita, jotka toimivat automaattisesti huonelämpötilan mukaan. Ne toimivat ilman sähköä tai muuta apuenergiaa venttiilin anturin sisällä olevan kaasun tai vahan avulla. Kaasutäytteisessä anturissa huonelämpötilan nousu höyrystää anturin nestettä. Silloin paine palkeessa kasvaa ja venttiili sulkeutuu. Huonelämpötilan laskiessa paine palkeessa pienenee ja venttiili avautuu jousen avulla.



Kuva 3. Patteriventtiilien termostaattien valinta asunnoissa ja yleisissä tiloissa [10, s. 6].

Patteriventtiilin esisäädön avulla voidaan säätää patterin perusvesivirtaa. Se tehdään yleensä verkoston tasapainotuksen yhteydessä. Mitä suuremmaksi esisäätöarvo asetetaan, sitä suurempi virtausaukko on ja sitä enemmän patterin läpi kulkee vettä ja päinvastoin. Patteriventtiilin kokoja ovat DN 10, DN 15 ja DN 20. Patteriventtiilin anturiossa voi olla kiintoanturi tai kapillaariputken päässä oleva irtoanturi (kuva 3). [15, s. 125.]

4.1.6 Lämmityspatteri

Lämmityspattereiden tehtävänä on jakaa lämpöjohtoverkoston veden tuoma lämpö huoneisiin. Huoneista poistuu lämpöä rakenteiden kautta, jolloin huoneiden lämpötilat laskevat, ellei huoneisiin tuoda uutta lämpöä. Lämpöhäviöiden korvaamiseksi tarvitaan oikea määrä uutta lämpöä, jotta huonelämpötilat pysyisivät esimerkiksi 21 °C:ssa.

Lämmityspatterin oikean toiminnan ja säätämisen kannalta on pattereihin tulevan veden (lämpöjohtoverkoston menoveden)oltava oikean lämpöistä. Vesivirrat voidaan asennusvaiheessa säätää patteriventtiilin niin sanotun esisäädön avulla. Tämän lisäksi termostaattiset patteriventtiilit säätävät käytön aikana pattereiden vesivirtaa automaattisesti.

Huoneiden lämpöhäviö jäädyttää pattereissa kiertävää vettä. Jos lämpöpatterin perusvesivirta on liian pieni, vesi jäähtyy liikaa ja paluuveden lämpötila on liian alhainen, ja päinvastoin. Vesi jäähtyy kaikissa pattereissa saman verran oikein mitoitetussa ja säädettyssä verkostossa.

5 Lämpötilojen mittaus

Mittauksia tehdään kertaluontoisesti sekä jatkuvana mittauksena. Kertaluontoisia mittauksia ovat esimerkiksi rakennusten vastaanotto- ja takuutarkastuksissa sekä osana huolto- ja korjaustoimintaa suoritettavat mittaukset. Kertaluontoisissa mittauksissa yleensä pyritään selvittämään esimerkiksi huoneistojen lämpötilaa ja järjestelmien oikeaa toimintaa tai sen puutteita. Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien automatiikassa säätö- ja ohjaustoimenpiteet perustuvat jatkuvaan lämpötilojen ja paineiden mittaukseen. [2, s. 1.] Mittaustuloksien avulla nähdään, onko lämmitysjärjestelmään tehtävä muutoksia.

5.1 Olosuhteet mittauksen onnistumiseksi

Lämpötilamittaukset tulisi suorittaa ulkolämpötilan ollessa alle -5 °C ja mahdollisuuksiensa mukaan tuulisella säällä (tuulen nopeus 5–10 m/s). Erityisen kylmään aikaan mittauksia ei tulisi suorittaa (ulkolämpötila alle -26 °C). Olisi myös säädön onnistumisen kannalta hyvä, että ulkolämpötila olisi pysynyt tasaisena vähintään yhden vuorokauden ennen mittaushetkeä. Mittausten aikaan asunnon lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän tulee olla normaalissa toiminnassa, jotta niiden vaikutus lämpötilaan tulee huomioitua. Rakennustyömailla usein tuuletetaan pitämällä ikkunoita, ovia tai muita luukkuja auki ilman vaihtumisen parantamiseksi. Ennen mittaustilannetta tuleekin varmistaa, ettei kyseistä toimintaa ole harrastettu 4–6 tuntia ennen mittausta. Luonnollisesti mittauksen aikana tuulettaminen on myös kielletty. [2, s. 2.] Mitattavissa tiloissa saattaa olla enemmänkin ihmisiä mittaushetkellä. Yksikin ihminen tuottaa noin 100 W:n lämmitystehon, mikä vaikuttaa huoneilman lämpötilaan. Tämän vuoksi mittaushetkellä tilassa olevien ihmisten määrä on merkittävä mittauspöytäkirjaan.

5.2 Mittausten kattavuus

Lämmitysjärjestelmää mitataan SFS standardin 5511 mukaan. Suunnitelmissa määriteltävien sisäilmastovaatimuksien on toteuduttava kaikissa mittauskohteissa.

Taulukko 1. Sisäilmastomittausten kattavuus [3, s. 2.].

Sisäilmaston tavoitetaso	A)	B)	C)	Yksikkö
	Otoksen suuruus %			
Huoneilman lämpötila ¹⁾	20	40	100	°C
Huoneilman lämpötila, kerrostuminen	z	10	20	°C/m
Huoneilman lämpötila, muutosnopeus	o	o	10	°C/h
Ilman nopeus (vetokriteeri) ²⁾	20	40	100	m/s
Pintojen lämpötilat	o	o	o	°C
Operatiivinen lämpötila	z	z	z	°C
Suunnatut operatiiviset lämpötilat	z	z	z	°C

Taulukossa oleva luku ilmoittaa otoksen suuruuden prosentteina mitattavista tiloista.

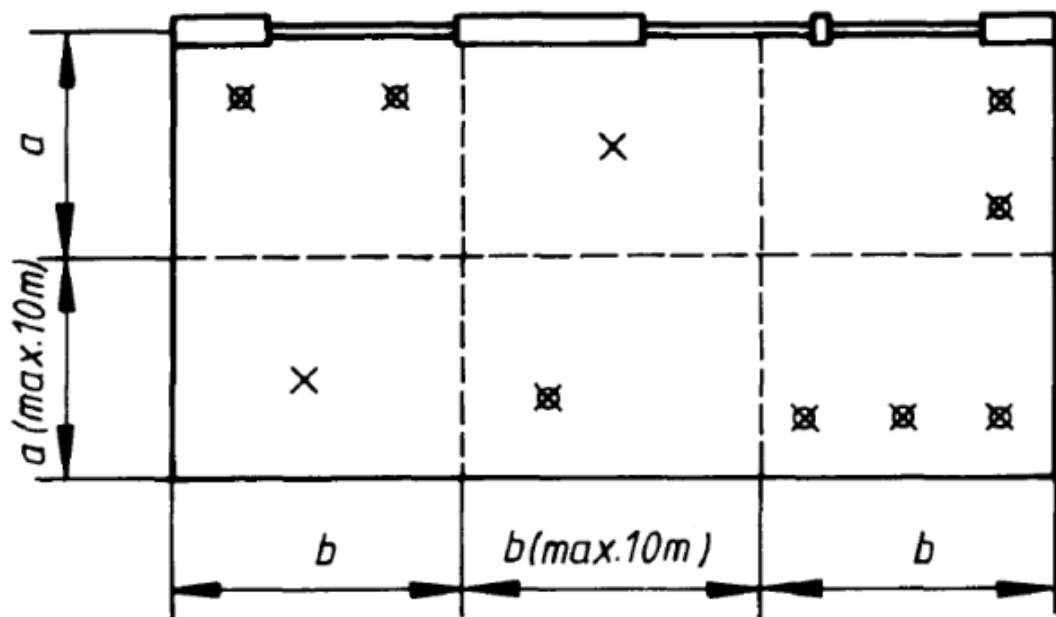
- A) Viranomaismääräykset täyttävä, tyydyttävä sisäilmasto
- B) Hyvä sisäilmasto
- C) Korkea sisäilmaston taso

z = Mitataan, jos on aihetta epäillä, ettei vaatimus toteudu, tai tilan käyttö, geometria tms. asettaa erityisiä vaatimuksia.

o = Mitataan vain jos erikseen sovitaan.

- 1) Perussäädön yhteydessä tehdään kaikkien huoneiden lämpötilojen mittaus.

Huoneilman lämpötilalla tarkoitetaan ilman lämpötilaa mitattuna mistä tahansa kohdasta oleskeluvyöhykkeeltä. Operatiivinen lämpötila tarkoittaa huoneilman lämpötilan ja ihmistä ympäröivien pintojen säteilylämpötilojen keskiarvoa. Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan huoneen osaa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista. [3, s. 1.]



- o työpiste (kiinteä)
- x mittauspiste (valittavissa oleva)

Kuva 4. Mittauspisteiden valinta suurissa tiloissa [3, s. 3.].

Lämpöolosuhteet pyritään mittaamaan tilassa sijaitsevista kohdista, joissa ihminen eniten viettää aikaansa, esimerkiksi työpisteiltä tai oleskelupaikoilta 1,1 m:n korkeudelta lattiasta. Mikäli työ- tai oleskelupaikkoja ei ole tiedossa, mitataan keskeltä huonetta. Tarvittaessa voidaan valita lisämittauspisteitä (kuva 4).

Mittauspisteiden määrä valitaan taulukon 1 mukaan. Lämpötilan kerrostuminen mitataan samoista mittauspisteistä pystysuunnassa 0,1:n 1,1:n ja 1,7 metrin korkeudelta lattiasta. Mittauksen laatuluokissa sallitaan erisuuruisia virhemarginaaleja. Epätarkkuus mittauksissa saa olla enintään ± 1 °C. Luokissa B ja C sallitaan mittauksen epätarkkuudeksi $\pm 0,5$ °C. Siihen sisältyy mittarin virhe ja mittausepävarmuus. Mittareissa saa lukemavälin suuruus yleensä olla enintään 0,2 °C. [3, s. 2.]

5.3 Mittalaitteet

Mittalaitteiden valmistajan tiedoista tulisi olla saatavilla mittalaitteiden käyttöalue, tarkkuus, tekniset tiedot, kalibrintitiedot, ohjeet mittauksen suorituksesta sekä virhearvioinnista ja mittauksien käsittelystä, käyttö- ja hoito-ohjeet sekä ohjeet tarkistustoimenpiteistä ja pikakalibroinnista. [1, s. 2.]

Mittauksissa käytettävien mittalaitteiden on oltava kalibroituja ja kalibroinnin tulee olla voimassa. Käytettyjen mittalaitteiden tyyppi- ja kalibrintitiedot merkitään mittauspöytäkirjaan. Elektronisia mittauslaitteita käytettäessä niiden toiminta on tarkistettava jokaisen mittauksen alussa mittavirheiden välttämiseksi. [1, s. 2.]

6 Lämmitysjärjestelmän säätö

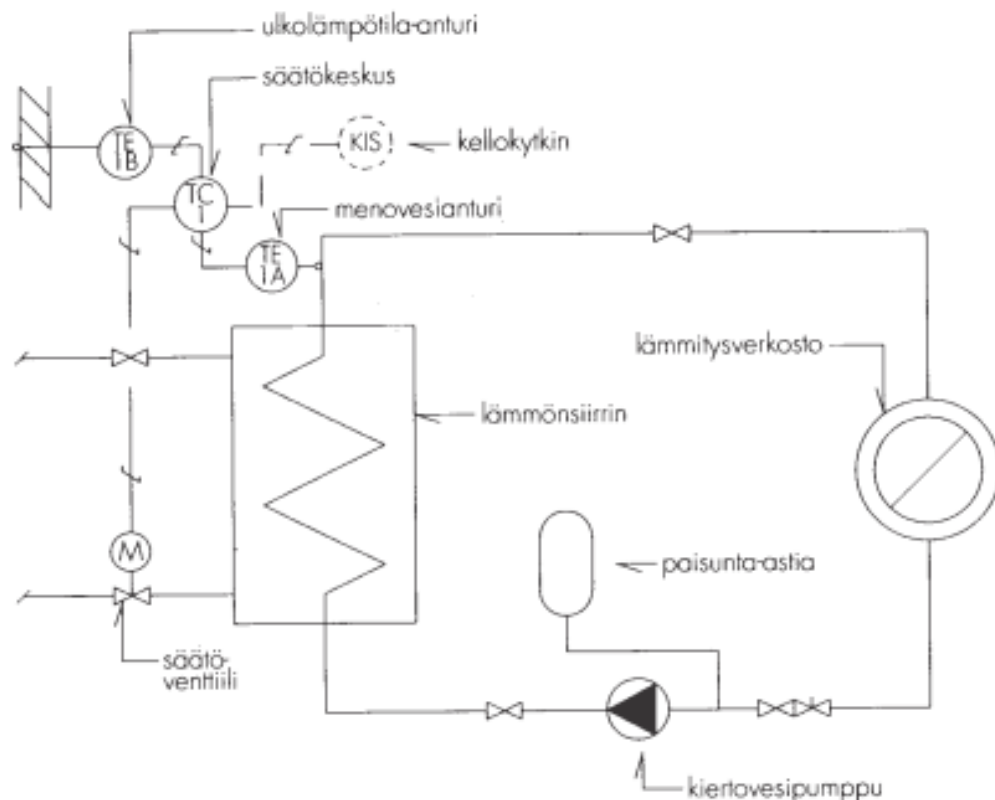
Lämpöolosuhteet vaikuttavat suoraan ihmisen viihtyvyyteen tilassa, jossa ihminen olee. Ihmisen lämpöaistimukseen vaikuttavat huoneilman lämpötila, lämpösäteily, ilman virtausnopeus ja kosteus sekä ihmisen vaatetus ja toiminta tilassa. Liian kylmät tai kuumat olosuhteet aiheuttavat ihmiselle terveyshaittoja. Lämpötilan noustessa ilma muuttuu tukalan oloiseksi. Tunkkainen ilma ei siis välttämättä aina johdu huonosta ilmanvaihdesta, vaan huonosti säädetyistä lämmityksistä. Näiden asioiden vuoksi voidaan todeta, että rakennusten ja varsinkin asuinhuoneistojen lämpötilojen säätö ihmiselle terveelliseksi (noin 21 °C) on erityisen tärkeää. [4]

Patteriverkosto mitoitetaan laskennallisen huippulämmitystehon mukaan. Lämmitysteho pystytään säätämään muuttamalla menoveden lämpötilaa lämmitystarpeen mukaan. Monissa varsinkin vanhemmissa rakennuksissa menoveden lämpötilaa säädetään pelkän ulkoilman lämpötilan mukaan. Lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat kuitenkin muutkin asiat, kuten aurinko, ihmisten määrä, valonlähteet ja muut sähkölaitteet tilassa. Nämä lämmönlähteet tuovat tilaan lisää lämpöä ja näin laskevat lämmitystehontarvetta joskus huomattavastikin. Suuremmissa rakennuksissa pyritäänkin jakamaan lämmitysverkosto eri osiin, joissa lämmitystarve on mahdollisimman samanlainen.

6.1 Säätojärjestelmät

6.1.1 Ulkolämpötilan mukainen menoveden lämpötilan säätö

Säätojärjestelmistä yleisin on menoveden lämpötilan säätö. Siinä säätökeskus ohjaa säätöventtiiliä ulkolämpötilan mukaan pitämällä menoveden lämpötilan valittuna olevan säätökäyrän mukaisena (Kuva 5).

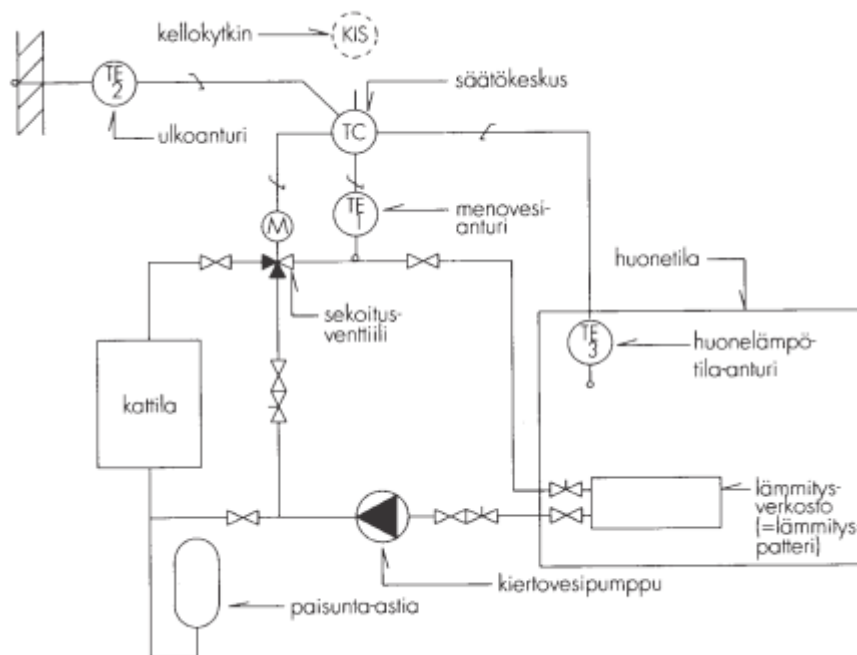


Kuva 5. Menoveden säätö ulkolämpötilan perusteella [1, s. 2.].

Kuvassa 5 näkyvällä kellokytkimellä voidaan säätää menoveden lämpötilaa halutuksi ajaksi. Kellokytkimellä voidaan säästää lämmityskuluissa rakennuksen käyttökatojen ajan tai muuten jaksottaa lämmitystä tarpeen mukaan.

6.1.2 Ulko- ja huonelämpötilan mukainen menoveden lämpötilan säätö

Menoveden säätö pelkän ulkolämpötilan mukaan ei ota huomioon itse huoneissa vallitsevia lämpötiloja. Tähän ongelmaan auttaa järjestelmään lisättävä huonelämpötila-anturi. (Kuva 6.)



Kuva 6. Menoveden säätö ulko- ja huonelämpötilan perusteella [1, s. 3].

Huonelämpötila-anturi rekisteröi mittaustuloksia ja lähettää ne säätökeskukselle, joka säätää säätökäyrää automaattisesti mittaustuloksien perusteella. Huonelämpötila-antureita on yleensä huoneistossa yksi kappale. Sen huonetilan, jossa anturi sijaitsee, pattereihin ei asenneta patteriventtiilin termostaattiosia. Tämänlaisissa lämmityksen säätöjärjestelmissä on oltava menoveden lämpötilalle enimmäisrajoitus [1]. Käytössä olevan kohteen säätämisessä usein lisätään huonelämpötila-antureita ja muutetaan säätökäyrää niiden antamien tulosten perusteella [13].

6.2 Vesivirran ja paineen säätö

Vesivirran ja paineen säädössä verkoston linjasäätöventtiileistä suoritetaan virtausmittaus. Ennen mittausta verkosto pitää ilmata huolellisesti. Virtausmittauksella saadaan selville seuraavat asiat: ilmauksen onnistuminen, linjakohtaisten virtaamien suunnitelmanmukaisuus; linjajohdoissa, patteriventtiileissä ja pattereissa ei ole virtausta haittaavia tukoksia, linjasäätöventtiilien toiminta ja kunto, verkoston hallinta linjasäätöventtiileillä (uudet linjat, patterit), sekä tieto siitä onko pumppu oikein valittu ja toimiiko se energiataloudellisesti. Tämän jälkeen verkosto säädetään ja tasapainotetaan suunnitelmiin merkittyjen esisäätö- ja ohjearvojen mukaisesti linjasäätöventtiileistä ja patteriventtiileistä. [1]

Mikäli laajemmissa verkostoissa käytetään pelkästään tätä säätötapaa, saattavat paine-erot kasvaa liian suuriksi. Suuremmissa verkostoissa onkin linjasäätöventtiileiden ja esisäädettävien patteriventtiileiden yhteydessä syytä käyttää joko vyöhykekohtaista, keskitettyä tai linjakohtaista painesäätöä.

6.2.1 Vyöhykekohtainen painesäätö

Vyöhykekohtaisessa painesäädössä vyöhykkeillä on omat säätöjärjestelmät, ja niitä säädetään omina verkostoina. Vyöhykkeitä voi muodostaa esimerkiksi käyttötarkoituksen tai eri lämpötilojen perusteella. Tällaisella säädöllä saadaan aikaiseksi alustava paine-erojen tasaaminen jakamalla vyöhykkeet etelä- ja pohjoispuolen, tai eri lämpötiloilla toimiviksi patteri- ja lattialämmitysvyöhykkeiksi.

Vyöhykekohtaisella säädöllä saadaan jaettua esimerkiksi kerrostalon kaksi rappukäytävää eri vyöhykkeisiin ja poistettua vyöhykkeiden toisilleen aiheuttamat ongelmat. Vyöhykekohtainen säätö ei kuitenkaan poista vyöhykkeiden sisäisiä haittoja.

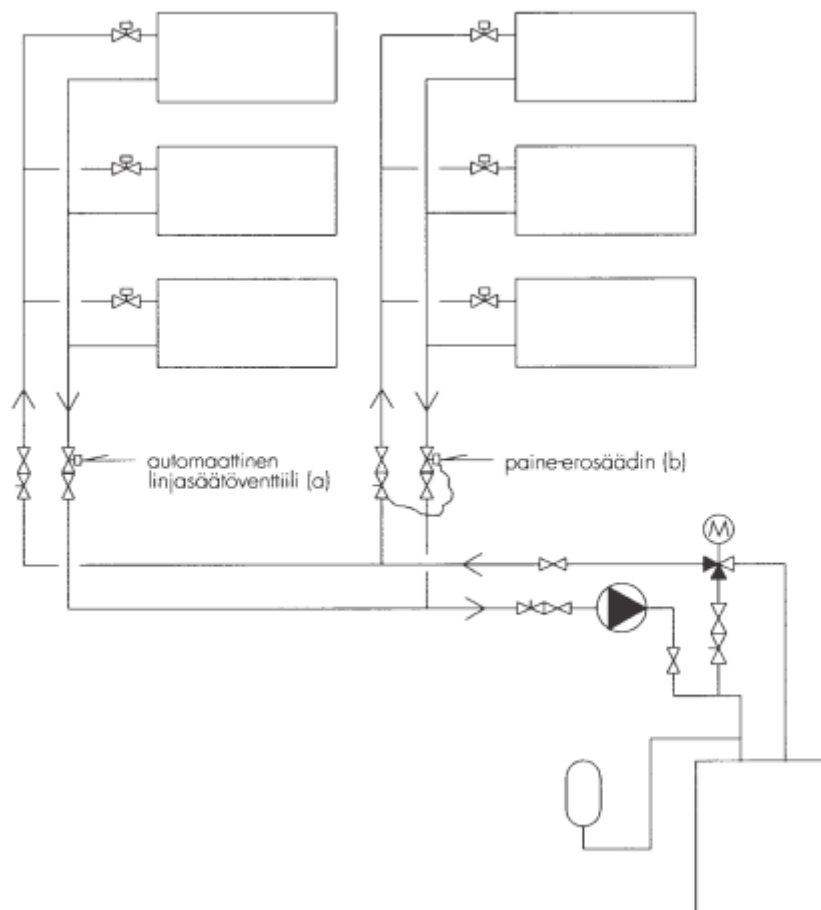
6.2.2 Keskitetty painesäätö

Keskitetty painesäätö perustuu paine-erojen tasaisena pitämiseen joko painesäätimellä tai painesäädetyllä pumpulla. Painesäädetty pumppu pitää eri mittauspisteiden välistä paine-eroa tasaisena muuttamalla omaa kierroslukuaan, kun taas paine-

erosäädin muuttaa painehäviötä niin, ettei verkoston paine ylitä sille asetettua arvoa. Tämän säätötavan edellytyksenä on verkoston pieni painehäviö.

6.2.3 Linjakohtainen painesäätö

Putkistoissa, joiden painehäviöt ovat suuria, käytetään linjakohtaista painesäätöä. Linjojen meno- ja paluuputkiin asennetaan joko paine-erosäätimet tai automaattiset linjasäätöventtiilit, joilla säädetään meno- ja paluuputkien välisiä paine-eroja. (Kuva 7.) Vesivirtoja säädetään kummassakin tapauksessa tavallisten linjasäätöventtiileiden avulla.



Kuva 7. Linjakohtainen painesäätö [1, s. 5.].

Linjakohtaisella perussäädöllä päästään usein parhaaseen lopputulokseen sekä säädettyä ääniteknisesti.

6.3 Lämmitysverkoston perussäätö

6.3.1 Uudisrakennuksen perussäätö

Lämmitysverkoston perussäätö uudisrakennuksessa jakautuu vesivirtojen säätöön, lämpötilojen säätöön ja takuuajaiseen säätöön [1, s. 6]. Vesivirtojen säätö tehdään rakennuksen luovutusvaiheessa, vuodenajasta ja lämpötilasta riippumatta. Vesivirrat säädetään verkoston täytön ja ilmauksen jälkeen pumpun sekä linjasäätöventtiilien avulla suunnitelmia vastaaviksi. Perinteinen säätötyö tapahtuu yleensä seuraavasti:

- ulkolämpötila alle -5 °C (pakkasjakso): termostaatit poistetaan, asetetaan suunnittelijan määräämä säätökäyrä ja esisäätöarvot.
- tasaantumisaika, vähintään yksi vuorokausi
- mittaus
- tulokset suunnittelijalle/tilaajalle hyväksyttäväksi/kommentoitavaksi
- tarvittavat muutokset, tehdään mahdolliset korjaavat toimenpiteet, 1 vrk:n tasaantumisaika.
- uudelleen mittaus muutosten jälkeen, jolloin kaiken pitäisi olla kunnossa. Kiinnitetään termostaatit.

Lämpötilojen hienosäätö tehdään lämmityskaudella vuorokauden keskilämpötilan ollessa alle -5 °C . Näin toimiessa varmistetaan myös kesäaikaan luovutettujen rakennusten lämmitysjärjestelmän oikeat säädöt. Hienosäädössä säädetään verkoston menoveden lämpötilaa säätökeskuksesta. Mikäli huoneen lämpötilaa halutaan muuttaa esimerkiksi 1 °C alemmaksi, menoveden lämpötilaa lasketaan noin 2–3 celsiusastetta. Säätökeskuksesta pystytään valitsemaan erilaisia säätökäyriä. Säätökäyrää voidaan muuttaa suuntaissirrolla tai käyrän jyrkkyyttä muuttamalla. Säätökäyrän muutokset vaikuttavat huonelämpötilaan hitaasti, noin 1–3 päivässä. [1, s. 6.]

Takuuajainen säätö suoritetaan myös lämmityskaudella vuorokauden keskilämpötilan ollessa alle -5 °C . Takuuajaisessa säädössä tarkastetaan järjestelmissä ilmenneitä häiriöitä ja niiden syitä sekä tietysti korjataan ilmenneet ongelmat.

6.3.2 Käytössä olevan kohteen perussäätö

Korjausrakentamiskohteessa perussäädön tärkeimpiä asioita on huolellisesti tehty kuntotutkimus, jossa tarkastetaan rakennuksen ja sen lämmitysjärjestelmän nykytilanne energiataloudelliselta kannalta. Lämmitysverkoston, patteri- ja linjasäätöventtiilien, pumppujen sekä lämmöntuotantolaitteiden kunto ja toiminta tarkastetaan kuntotutkimuksessa. [1, s. 8.] Myös ilmanvaihdon toiminta sekä ulkovaipan, ikkunoiden ja ovien lämmöneristävyys selvitetään. Ulkovaipan ja aukkojen vuodot saadaan selville nopeasti lämpökamerakuvauksilla ja infrapunamittareilla. Kun järjestelmään on tehty mahdolliset muutokset ja korjaukset, päästään säätämään verkostoa. Korjausrakentamiskohteissa perussäätö tapahtuu samoin kuin uudisrakennuksissa. Suunnittelijan käyttöä suositellaan esimerkiksi esisäätöarvojen määrittämiseen sekä suunnitelmien päivittämiseen.

Mikäli esimerkiksi patteriventtiileitä joudutaan vaihtamaan uusiin niiden huonon kunnon takia, saattaa uusien venttiileiden suurempi paine-ero aiheuttaa ääniongelmia. Ääniongelmia voidaan estää varustamalla pumppu ylivirtausventtiilillä tai käyttämällä paineerosäätöistä tai kaksinopeuspumppua. Yksittäisen linjan ääniongelmia voidaan korjata asentamalla linjaan paine-erosäädin (ks. luku 6.2.3). [1, s. 8.]

7 Yleisimmät ongelmat mittaus- ja säätötöissä

Yleisin ongelma lämmitysjärjestelmien mittaus- ja säätötöissä on puutteellinen ilmaus. Mikäli verkostoissa on ilmaa, voivat säädöt olla epäluotettavia. Siksi onkin tärkeää huolehtia oikeanlaisesta ilmauksesta. Verkoston täytön jälkeen ilmaus aloitetaan rungosta. Tämän jälkeen ilmataan jokainen pystylinja erikseen, minkä jälkeen siirrytään pattereihin. Verkosto ilmataan manuaalisesti ilmanpoistimien ja piiskojen ym. kautta. Mikäli nesteessä on mikrokuplia, ilmaa poistetaan koneellisesti, kunnes neste on kirkasta ja liuenneen ilman määrä nesteessä on normaali. Pumppu pidetään pysäytettynä ilmauksen ajan. Korkea lämpötila ja paine helpottavat ilmausta. Usein ilmauskierros kannattaa tehdä kahdesti. Verkoston painetaso säädetään kohdalleen ilmauksen jälkeen. [5]

Uusiin rakennuksiin asennetaan usein automaattinen ilmanpoistin. Niiden toiminnasta on kuitenkin alalla monia mielipiteitä, joten ennen lämmitysjärjestelmän säätämistä tulisi verkosto ilmata yllä mainitulla tavalla. [13]

8 Mittauksien dokumentointi

Suoritetuista mittauksista tulee täyttää mittauspöytäkirjat. Mittauspöytäkirjassa täytyy olla merkittynä vähintään seuraavat tiedot (kuva 8):

- hankkeen nimi
- ajankohta, jolloin mitattu
- mittauspaikka
- mittauksen suorittaja ja valvoja
- mitatut suureet
- mitä mittausmenetelmiä ja laitteita on käytetty sekä esittää niiden kalibrointitodistukset
- sääolosuhteet mittauksen aikana
- tarvittaessa myös mahdolliset mittauksen tarkkuuteen vaikuttavat olosuhteet ja häiriöt. [3, s. 3.]

Metropolia		HUONELÄMPÖTILAN MITTAUSPÖYTÄKIRJA						Sivu:	
Vanha maantie 6, 02650 Espoo								Ulkolämpötila:	
Puh. 020 783 5000		Kohde: Metropolia AMK, Vanha maantie 6, 02650 Espoo							
		Mittaajat: Ville Kankkunen, Tuomas Välinen							
Päiväys: 22.11.2011		Mittarit: TSI IAQ Calo 7525, IR Thermometer ST 653							
Kerros	Huone	Huoneen	Patteri				Patteriventtiili		
	nro	lämpötila	Menovesi	Paluuvesi	Malli tai koko	Valmistaja	Koko	Esisäätö	Malli
		°C	°C	°C				arvo*	
1	1124	20,6	36,6	27,2	1K (2200x400)	Purmo	3/8"	24	
			37,8	28,8	1K (2200x400)	Purmo	3/8"	22	
			30,2	28,2	1K (2200x400)	Purmo	3/8"	puuttui	
			38,4	31,4	1K (1600x400)	Purmo	3/8"	puuttui	
1	1146	19,6	35,4	23,4	1200x130	Ratec	3/8"	18	
			38,4	21,2	1000x300	Ratec	3/8"	5	
			38,0	22,6	1200x130	Ratec	3/8"	5	
			38,8	28,8	1000x300	Ratec	3/8"	7	

Kuva 8. Huonelämpötilan mittauspöytäkirja, esimerkki [8].

Muita täytettäviä pöytäkirjoja ovat esimerkiksi linjasäätöventtiilin säätöpöytäkirja, paine-koepöytäkirja, lämmönvaihtimen virituspöytäkirja sekä verkoston huuhtelun täytettävä tarkastusasiakirja [5]. Selkeät pöytäkirjat helpottavat säätötöiden hyväksyttämistä suunnittelijoilla ja valvoilla.

9 Urakoitsijan toimenpiteet säätö- ja mittaustöissä

Lämmitysjärjestelmän säätö- ja mittaustoimenpiteisiin kuuluu urakoitsijoiden osalta yleensä seuraavaa:

Putkijohtolaitteet

- lämpöjohtojen kertasäätöventtiilien asettelu ja pöytäkirjan laatiminen asetusarvoista
- lämmitysverkoston perussäätö ja pöytäkirjan laatiminen
- paisunta- ja varolaitteiden toiminnan tarkastus
- lämpimän käyttöveden kiertojohdon virtaamien asettelu.

Automatiikkalaitteet

- säätölaitteiden virittäminen vakaan säätötoiminnan aikaansaamiseksi
- ohjausten ja hälytysten yms. automatiikkatoimintojen kokeilut
- mittaus- ja virityspöytäkirjojen laadinta
- kellokojeistojen toimiaikojen asetukset sekä tarkistukset.

SRV:n omien valvojien tulisi myös muistaa tehdä pistotarkastukset urakoitsijoiden suorittamista säätö- ja mittaustöistä. Tällä varmistetaan urakoitsijoiden tekemien säätötöiden huolellisuus ja ehkäistään mahdollisia takuuajan ongelmia.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuoda SRV:n työmaille myös mittaus- ja säätötöiden valvontaa helpottava tarkastusasiakirja, jonka avulla varmistettaisiin luovutettavan rakennuksen toimiva ja oikein säädetty lämmitysjärjestelmä. Opinnäytetyössäni kerroin, mitä asioita pitää ottaa huomioon suunnittelun, asennuksen ja itse mittaus ja säätötöiden aikana. Kerroin myös lyhyesti perinteisen patterilämmityksellä toteutetun järjestelmän pääosista, lämmönvaihtimesta, pumpuista ja venttiileistä. Työni loppuvaiheessa huomasin, että koko rakennushankkeen elinkaaren aikana on mahdollista vaikuttaa mittaus- ja säätötöiden sujuvuuteen ja lopputulokseen. Suunnittelussa on tärkeä rooli materiaalivalinnoilla, painehäviölaskelmilla ja risteilytarkasteluilla. Asennuksen aikana on tärkeää huolehtia esimerkiksi laitevalintojen ja materiaalien hyväksymisestä suunnittelijalla, asennuksen laadusta ja painekokeista. Itse mittaus- ja säätötyöissä suuri merkitys on mittauksen suunnittelulla etukäteen sekä mittauksia ja säätöä tekevällä henkilöllä, jotta mittaus sekä säätö tapahtuvat oikeaoppisesti. Myös mittauksien tulokset on syytä hyväksyttää suunnittelijoilla, jotka voivat kommentoida mahdollisista muutostarpeista.

Mielestäni opinnäytetyöni lukemalla jo asiaan hieman perehtynyt, tai joitain asioita tietävä henkilö saa laajemman kuvan lämmitysjärjestelmän säätötyöistä ja tavoista. Toivottavasti se auttaa SRV:n työmaahenkilöitä ymmärtämään mitä kaikkea lämmityksen säätötyöihin kuuluu. Liitteenä olevia uuden ja käytössä olevan rakennuksen tarkastuslistoja voidaan käyttää myös yksittäisen rakennuksen osan tai järjestelmän valvonnassa. Tarkastuslistoissa on merkittynä säätötyöihin vaikuttavia tekijöitä ja niistä tarkastettavia esimerkkiasioita.

Työssäni SRV:llä LVI-projektinjohtajana olen jo päässyt hyödyntämään opinnäytetyöprosessin sivutuotteena syntynyttä tietotaitoa lämmityksen säätötyöistä valvomalla säätötyöitä ja tarkastamalla pöytäkirjoja sekä tekemällä itse tarkistusmittauksia. Voidaan siis sanoa, että aihevalinta oli oikein onnistunut, vaikka se aluksi hieman vieraalta tuntuikin.

Lähteet

- 1 Lämmitysverkoston säätö. LVI 41-10230. 1994. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 2 LVI-laitosten mittaukset. LVI 014-10290. 1999. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 3 Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset. SFS standardi 5511. 1989. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- 4 Asumisterveysohje. 2003. Helsinki. Sosiaali ja terveysministeriö.
- 5 Uuden vesikiertoisen lämmönsiirtojärjestelmän sisäpintojen puhdistus epäpuhtauksista sekä korroosiosuojaus. Dokumentti SRV 2012.
- 6 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet K1/2003. Suomen Kaukolämpö Ry 2003.
- 7 Vesikiertoinen patterilämmitys. LVI 12-10343. 2002. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 8 Sainio, Erkki. 2011. Lämpötilojen mittaus. Valvonta, vastaanotto ja luovutus. Kurssin opetusmateriaali. Metropolia AMK.
- 9 Lämpötilan mittaus. Julkaisu J1/2002. Mittatekniikan keskus.
- 10 Perussäätödokumentti. Julkaisu 9/2002. Motiva Oy.
- 11 Lämmitysverkoston säätöventtiilien mitoitus. LVI 12-10126.1989. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 12 Leno MSV-BD linjasäätö- ja sulkuventtiili. Tekninen esite. Danfoss Oy 2010.
- 13 Juntunen, Joni. 2013. Asentaja. HK-Säätö Oy. Haastattelu 23.02.2013.
- 14 TA Pocket 1.1. 2013. Verkkodokumentti. TA Hydronics Oy. Luettu 18.1.2013.
- 15 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Rakentamismääräyskokoelman osa D2. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 16 Venttiilit huolto. Verkkodokumentti. Oras Oy. Luettu 20.3.2013
- 17 Seppänen, Olli. 2001. Helsinki. Rakennusten lämmitys.

Lämmityksen mittaus- ja säätötöiden tarkistuslista, ohjeet

Tarkastuskohdat, uusi järjestelmä

Suunnitteluvaihe

Vesivirrat	Mitoitusperiaatteet: Suomen rakentamismääräyskokoelma.
Putkikoot	Määrä ja paineet laskettu.
Pääsy säätölaitteille	Muut järjestelmät otettu huomioon, huoltoluukkujen paikat ja määrä.
Materiaalivalinnat	Käyttötarkoitukseen sopivat materiaalit, säätöventtiilin ominaisuudet, mitattavuus, säädettävyyys, mahdolliset vaihtoehtoiset säätölaitteet.

Asennusvaihe

Materiaalit	Materiaalit hyväksytetty suunnittelijoilla.
Suunnitelmanmukaisuus	Materiaalit ja osat sekä reitit oikeat. Poikkeamista ilmoitettu.
Asennuksen laatu	Talotekniikka RYL 2002: hyvän rakennustavan mukainen. Oikeat reitit, kannatukset ja eristykset kunnossa.
Pääsy säätölaitteille	Huoltoluukkujen koko ja paikat oikeat, puutteista ilmoittaminen.

Mittaus- ja säätötyö

Painekokeet	Painekokeet suoritettu, pöytäkirjat luovutettu
Huuhtelu	Huuhtelun tarkastusasiakirja, lisäaineet huuhtelussa.
Ilmaus	Verkostossa ei ole ilmaa
Mittaustapa	Mittaustavan valinta.
Mittausvälineet	Kalibrointitodistus voimassa ja esitetty, välineet ehjät.
Laadunvarmistus	Pistokokein
Dokumentointi	Mittaus- ja säätöpöytäkirjat, raportit ja kalibrointitodistukset.

Lämmityksen mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista				
Kohde:				
Kohteen tyyppi: Uusi järjestelmä				
Tarkastuskohta	Päivämäärä	Tarkastaja	Kunnossa	Huomautukset
Suunnitteluvaihe				
Vesivirrat				
Putkikoot				
Pääsy säätölaitteille				
Materiaalivalinnat				
Asennusvaihe				
Materiaalihyväksynät				
Suunnitelmanmukaisuus				
Asennuksen laatu				
Pääsy säätölaitteille				
Mittaus- ja säätötyö				
Painekokeet				
Huuhtelu				
Ilmaus				
Mittaustapa				
Mittausvälineet				
Laadunvarmistus				
Dokumentointi				

Lämmityksen mittaus- ja säätötöiden tarkistuslista, ohjeet

Tarkastuskohdat, käytössä oleva järjestelmä

Mittaus- ja säätötyön valmistelu

Aikataulutus	Rakennuksen ja järjestelmän käytön huomioiminen.
Ilmoittaminen	Tiedote käyttäjille/asukkaille.
Valmistelevat toimenpiteet	Verrataan suunnitelmia ja asennettua järjestelmää, tarvittaessa merkitään/korjataan poikkeavuudet ja puutteet.
Pääsy säätölaitteille	Huoltoluukkujen paikat. Varmistetaan pääsy. Kalusteiden siirtäminen.
Järjestelmän ilmaus	Mahdollinen putkistojen huuhtelu, uudelleen täyttö, huolellinen ilmaus.

Mittaus- ja säätötyö

Looginen eteneminen	
Mittautapa	Mittatapavirheen arviointi, mittautavan soveltuvuus.
Mittausvälineet	Kalibrointitodistus voimassa ja esitetty, välineet kunnossa.
Siisteys	Roskien siivous, alakattohanskojen tarve, jälkien korjaus.
Laadunvarmistus	Pistokokein.
Dokumentointi	Mittaus- ja säätöpöytäkirjat, raportit ja kalibrointitodistukset.

Lämmityksen mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista				
Kohde:				
Kohteen tyyppi: Käytössä oleva järjestelmä				
Tarkastuskohta	Päivä- määrä	Tarkas- taja	Kunnos- sa	Huomautukset
Mittaus- ja säätötyön valmiste- lu				
Aikataulutus				
Ilmoittaminen				
Valmistelevat toimenpiteet				
Pääsy säätölaitteille				
Järjestelmän ilmaus				
Mittaus- ja säätötyö				
Looginen eteneminen				
Mittaustapa				
Mittausvälineet				
Siisteys				
Laadunvarmistus				
Dokumentointi				